

# ビーチバレーボール選手のスパイクジャンプに関する 3次元動作解析

—— バレーボール選手と比較して ——

## Dimensional Analysis of Spike-Jump in Beach Volleyball

—— As Compared to Indoor Volleyball ——

道 本 祥 宜	矢 野 勝	本 山 司
Shoki MICHIMOTO	Suguru YANO	Tsukasa MOTOYAMA
(岸和田市立北中学校)	(和歌山大学)	(東亜大学)
山 口 明 紀	植 田 真 帆	村 瀬 浩 二
Aki YAMAGUCHI	Maho UEDA	Kouji MURASE
(江津市立郷田小学校)	(日本福祉大学)	(和歌山大学)

2017年8月3日受理

### 要旨

本研究は、男子のビーチバレーボール選手とバレーボール選手を対象に、スパイクジャンプにおける助走・踏切局面に着目した3次元動作分析からそれぞれのスパイクジャンプ動作の違いを明らかにし、今後の指導の一助とすることを目的とした。被験者は、男子ビーチバレーボール選手(平均 $26.2 \pm 4.4$ 歳)とバレーボール選手(平均 $23.6 \pm 1.8$ 歳)、各5名とした。それぞれスパイク動作を全力で行い、1歩助走と被験者が一番高く跳べるフリー助走の2種類を行った。その結果、踏切右足が接地する際、ビーチバレーボール選手の足の裏の面は砂に対してフラットとなっているのに対し、バレーボール選手は踵接地で足の裏の面はネットに向いていることが明らかになった。また、ビーチバレーボール選手はバレーボール選手に比べ、踏切歩幅が狭く踏切時に膝関節と股関節が屈曲し、膝関節および股関節の可動域を大きく活用して跳躍していることが示唆された。腕振りに関しては、ビーチバレーボール選手は両足に力を加えるために腕を振り下げているのに対し、バレーボール選手は右足に力を加えるために腕を振り下げしており、両者とも体をあげるために腕の振り上げ動作を行っていると考えられる。

**キーワード：**ビーチバレーボール、スパイクジャンプ、3次元動作解析、助走、踏切

### I. 緒言

2014年、各国オリンピック委員会連合(ANOC)の理事会で、2015年にマリンスポーツやビーチスポーツの第1回「ワールドビーチゲーム」を開催する方針が決定した。これに先立ち、2014年春「ビーチゲームズ日本招致推進プロジェクト」が立ち上がった。そして、ビーチスポーツ総合大会の日本への招致推進とともに、ビーチ・マリンスポーツを活性化し、日本の浜辺に「ビーチ文化」形成を促す活動の第一弾として、「ODAIBA ビーチスポーツフェスティバル2014」がお台場で開催された。世界的に人気の高いサッカーやバスケットボールなど、普段はグラウンドや体育館で行われているスポーツが派生してビーチ(砂浜)でも行われるようになり、世界大会が行われるまでに規模は広がっている。ビーチバレーボールもその中の一つである。

バレーボール競技では、ボールを操る上肢の技術的

要素だけでなく、それを活かすための身体的能力として下肢の跳躍動作による「高さ」「速さ」「パワー」がより一層強く要求される。バレーボールの跳躍動作による跳躍高は、スパイク動作とブロック動作といった技術的要素に深く関与し、勝敗に大きく影響する。つまり、バレーボール競技において高く跳ぶことは競技力に非常に重要である。ビーチバレーボールにおいても同様で、動きのとりにくい砂上でも競技においては、高く跳ぶことは非常に重要視される。

大きな跳躍高を獲得するためには、助走・踏切動作が大切な動きであるこれまで数多く報告されている。助走と跳躍高に関する文献では、都澤(2001)や橋原ら(1988)は助走速度に関しては $4\text{ m/s}$ 付近まで高めることで大きな跳躍高ができるという報告が多いが、都澤ら(1981)や亀ヶ谷(1992)は $4\text{ m/s}$ 前後で高い跳躍高が得られるとは限らないという報告もある。そして、助

走での水平方向の運動エネルギーを効率よく位置エネルギーに変換することが重要である。踏切と跳躍高に関する文献では、A.V.イボイロフ(1985)や豊田(1974)は踏切時の膝関節角度は $100^{\circ}\sim 110^{\circ}$ が高い跳躍を得るために最も適した角度であると述べている。その他にも腰の屈曲伸展を利用することによって大きな跳躍高を得られる(石島ら、1983a: 木村、1970)ということや、腕の動作も跳躍高に大きな影響を与えている(明石、1977: 石島、1982: 佐々木ら、1980)。橋原ら(1988)は、鉛直方向の力積が大きくなれば跳躍高も大きくなると報告している。また、坂井ら(1987)は、下肢の筋力と跳躍高との間には相関関係があると述べており、跳躍は筋力の影響を強く受けるという報告もみられる。

しかしながら、ビーチバレーボールのスパイク動作に関する研究は、あまり見当たらない。その中で、一流女子ビーチバレーボール選手とビーチバレーボール初級者を対象とした研究は行われている(瀧間ら、1997)。その研究では、踏切中に膝関節や股関節の可動範囲を大きく利用することにより動作時間も大きくなり、また、この踏切時間の増加が高い跳躍高を作り出していることが明らかとされている。しかし、助走局面や踏切動作の細かい動きや各部位の役割、助走と踏切の関係など、細かい動作や関係性については明らかにされていない。また、日本ビーチバレーボール協会からも指導書が発行されておらず、ビーチバレーボールのスパイクジャンプ動作の基本的な動きに関しての明確な報告は見当たらない。

## II. 目的

男子のビーチバレーボール選手とバレーボール選手を対象に、スパイクジャンプにおける助走・踏切局面に着目した3次元動作分析からそれぞれのスパイクジャンプ動作の違いを明らかにし、今後の指導の一助とするものである。

## III. 方法

### 1. 対象

対象とした選手は、ビーチバレージャパンカレッジ2011第23回全日本ビーチバレー選手権大会優勝者、同大会3位などの実績のあるビーチバレーボール選手(以下、B選手とする)。ビーチバレーボール特有の動作が獲得していると判断した競技歴は5年以上競技経験あるものを選定し、ビーチバレーボールをメインに、シーズン以外もビーチバレーボールの練習を行っている。V・チャレンジリーグに所属しているバレーボール選手(以下、V選手とする)。V選手においてはビーチバレーボールを行った経験はない。B選手、V選手共にウイングスパイカーであり、それぞれ以下の各5名とした(表1、2)。

表1. 被験者の特徴(B選手)

被験者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	利き腕	バレーボール 競技歴(年)	ビーチバレーボール 競技歴(年)
B1	24	180	75.8	右	12	7
B2	24	180	78.2	右	18	5
B3	24	172	69.9	右	10	7
B4	34	180	78.2	右	27	19
B5	25	173	63.0	右	12	9
mean $\pm$ SD	26.2 $\pm$ 4.4	177.0 $\pm$ 4.1	73.0 $\pm$ 6.6		15.8 $\pm$ 6.9	9.4 $\pm$ 5.6

(注)ビーチバレーボール選手5名をB1～5とする。

表2. 被験者の特徴(V選手)

被験者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	利き腕	バレーボール 競技歴(年)
V1	21	180	67.0	右	12
V2	24	187	70.0	左	12
V3	24	188	110.0	右	12
V4	26	186	95.0	右	14
V5	23	182	74.0	右	11
mean $\pm$ SD	23.6 $\pm$ 1.8	184.6 $\pm$ 3.4	83.2 $\pm$ 18.6		12.2 $\pm$ 1.1

(注)バレーボール選手5名をV1～5とする。

## 2. 実験方法

本研究では、ビーチバレーボール選手には屋外のビーチバレーボールコート(砂上)、バレーボール選手には屋内のバレーボールコート(床)でそれぞれスパイク動作を全力で試技させた。その様子を2台のカメラ「EXLIM PRO EX-F1」(CASIO社製)を用い、HS(ハイスピード)モードで撮影速度を毎秒300fps、シャッター速度をオート設定にして撮影を行った。2台のカメラ位置は、ネットに対して左右45度の角度を取り、ビーチバレーボールコートでは延長線上の計測ポイントから17m離れた位置に高さ0.7mで設置し、バレーボールコートでは延長線上の計測ポイントから14.8m離れた位置に同様の高さで設置した。2台のカメラのなす角度は90度とした。また、接地時間の算出や踏切時の足の向きや動きを確認するために、踏切動作を行う地点から真横の位置にもう1台のカメラを0.3mの高さで設置し、選手の足部のみを撮影した(図1)。なお、両コート共、競技の状況に近づけるためにコートにネットを張った状態で撮影を行った。

また、2台のカメラで撮影した映像から3次元座標値を算出するために、軸正点の実空間座標(x軸: 助走

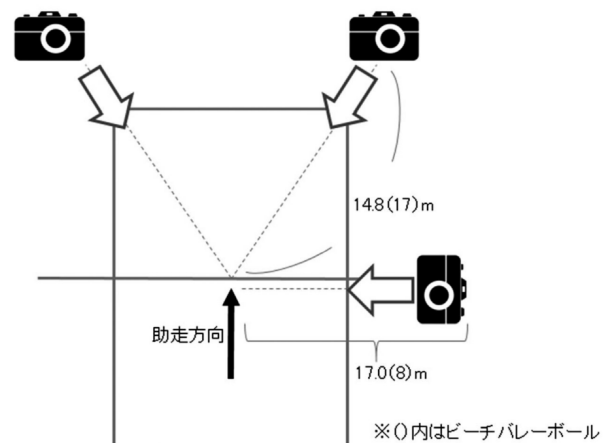


図1. 実験設定図

方向に対して左方向に2 m、y軸：助走方向に3 m、z軸：鉛直方向に2.5 m)をキャリブレーションボールを用い、60点のコントロールポイントを撮影した。コントロールポイントの標準誤差は、ビーチバレーボール(x軸方向：0.202、y軸方向：0.347、z軸方向：0.037)、バレーボール(x軸方向：0.006、y軸方向：0.009、z軸方向：0.006)であった。

### 3. 動作分析

撮影した映像はFrame DiasIV(DKH社製)を用いて、5コマおきにデジタル化し、3次元DLT法を用いて分析を行った。カメラの同期は、被験者の踏切動作の右足接地時をもとに行なった。デジタル化ポイントは頭頂部、左右耳珠点、胸骨上縁、両肩(肩峰)、両肘、両手首、両手先、両大転子、両膝、両足首、両母指球、両つま先、両踵の24点を設定した。身体重心については、得られた座標点から阿江の身体部分係数を用いて算出した。なお、右利きと左利きの被験者については、デジタル化に支障をきたさなかったため、Frame-DIASIVにしたがい、解析を行った。得られた3次元座標値は、計測点毎にWells and Winterの方法によって最適遮断数を決定し(6~4 Hz)、Betterworth digital filterを用いて平滑化した。

### 4. 試技条件

被験者には、十分なウォーミングアップの時間をとり、スパイク動作を行わせた。スパイク動作はすべてセンター(コート中央部)から行うこととした。スパイク動作はこちらの合図より開始した。各被験者に全力で試技を行うように指示し、B選手、V選手にはそれぞれ1歩助走でのスパイク動作と被験者が一番高く跳ぶことのできるフリー助走でのスパイク動作の2種類を行わせた。試技の回数は基本1回とし、本人が納得いかなければ、再度試技を行った。1歩助走、フリー助走の説明は以下の通りである。また、これ以降のスティックピクチャー図上にある実線は利き腕、点線は非利き腕として示した。

#### (1) 1歩助走でのスパイク動作(以下1.S.Jとする)

各被験者が1歩助走からスパイクを行える位置からスパイク動作を開始した。なお、この時、各被験者に対して、踏切脚を前に出した状態から動作を開始することと、1歩で踏み切れることを指示し、試技を行わせた。1歩助走は、左足を前方に接地した状態から動作を開始し、動作開始から身体重心が最高点に達した時点までを分析対象とした。(踏切脚が左足の場合、右足を前方に接地した状態を動作開始とする)

歩数は以下の図の通りである(図2)。

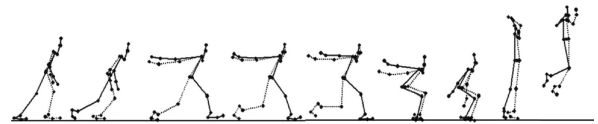


図2. 1.S.Jの歩数図

#### (2) フリー助走でのスパイク動作(以下F.S.Jとする)

各被験者が一番高く跳べる位置から助走を開始し、スパイク動作を行った。なお、この時、各被験者に対して、1歩以上で踏み切れることを指示し、試技を行わせた。フリー助走では、各被験者歩数が異なるため、助走の動作を開始した時点から身体重心が最高点に達した時点までを分析対象とした。

歩数は以下の図の通りである(図3)。

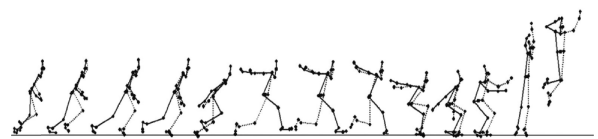


図3. F.S.Jの歩数図

### 5. 測定項目

本研究では、スパイク動作を助走局面と踏切局面の2局面に分けて以下の項目を測定した。なお、助走局面は、「動作開始1歩目のつま先が地面(床面)から離地し、踏切脚と反対の脚の踵が地面(床面)に接地するまで」、踏切局面は、「踏切脚の踵が地面(床面)に接地し、両足つま先が地面(床面)から離地するまで」と、以下の通りに定義した。(表3、図3)。

#### (1). ① 以下の2局面に分ける

- ・助走局面1：助走1歩目離地～助走2歩目接地。
- ・助走局面2：助走2歩目離地～踏切足接地。
- ・助走局面1～2：局面1と局面2の平均速度とし、以下を助走速度とする。(1.S.J：局面2とする。F.S.J：局面1と局面2の平均速度とする。)

#### (2). ② 助走2歩目離地～踏切足接地までの距離を歩幅とする。

#### (3). ③ 股関節最大屈曲時のつま先～左つま先の距離とした。

#### (4). ④ 踏切左足接地時の膝関節角度とする。左利きは右膝とする。

#### ⑤ 大転子と膝の結線および膝と足首の結線および膝と足首の結線がなす角を膝関節角度とし、踏切り局面において最も膝関節を屈曲させた時の角度を、膝関節最大屈曲角度とした。なお、右膝および左膝の値を算出した。

#### (5). ⑥ 肩峰と大転子の結線および大転子と膝の結

線がなす角を股関節角度とし、踏切り局面において最も股関節を屈曲させた時の角度を、股関節最大屈曲角度とした。なお、右股関節および左股関節の値を算出した。

- ⑦ 肩峰と大転子の結線および大転子と膝の結線がなす角を股関節角度とし、踏切り局面において両足つま先が地面(床面)から離地下時の角度を、離地時角度とした。  
 なお、右股関節および左股関節の値を算出した。
- (6). ⑧ 踏切右踵～右つま先接地までの時間とする。
- (7). ⑨ 踏切時の右足接地から両足離地までの時間とする。左利きは左足接地からとする。
- ⑩ 踏切時の左足接地から両足離地までの時間とする。左利きは右足接地からとする。
- (8). ⑪ 股関節最大屈曲時において、踵とつま先の結線とX軸がなす角を足の向きとする。
- (9). ⑫ 股関節最大屈曲時の身体重心とつま先との距離とする。
- (10). ⑬ 助走局面2の踏切足接地時において、肘と肩の結線および肩と大転子がなす角の外角を最大角度とする。
- ⑭ 左足接地時における腕振り動作の角度とする。
- (11). ⑮ 右足踵接地から左足つま先接地までとする。
- ⑯ 左足つま先接地から両足離地までとする。

- (12). ⑰ 助走局面の踏切接地時から膝関節最大屈曲時までを沈込み時とし、この時点における身体重心の平均速度とする。

- ⑱ 両足離地時の鉛直方向への身体重心速度とする。

- (13). 助走開始時から最高到達点後までとする。

- (14). ⑲ 最大身体重心高と立位時身体重心高の差とする。

(注)②③については、下肢長の影響を大きく受けるため身長で除し、身長比として測定値を算出した。

## 6. 統計処理

本研究では、B選手とV選手の2群間における測定値の差の検定には、対応のないt検定を行った。また、B選手の1群における測定値の差の検定には、等分散を仮定した対応のあるt検定を行った。いずれも有意水準は5%未満とした。

## IV. 結果・考察

### 1. B.1.S.JとB.F.S.Jによる比較

#### (1)跳躍高

表4. B.1.S.JとB.F.S.Jの跳躍高の比較

	B.1.S.J	B.F.S.J	t値
跳躍高(m)	0.74±0.05	0.76±0.06	-1.901

表3. 測定項目一覧

助走局面	(1) 助走速度	①		
	(2) 助走歩幅	②		
踏切局面	(3) 踏切歩幅	③	(9) 身体重心と左足の距離 左利きは右足との距離	⑫
	(4) 膝関節角度		(10) 腕振り角度	
	1) 踏切左足接地時の左膝関節角度 左利きは右膝関節角度	④	1) 最大角度	⑬
	2) 膝関節最大屈曲角度(右膝, 左膝)	⑤	2) 左足接地時角度	⑭
	(5) 股関節角度		(11) 腕振り速度	
	1) 最大屈曲角度	⑥	1) 振下げ速度	⑮
	2) 離地時角度	⑦	2) 振上げ速度	⑯
	(6) 足裏接地時間	⑧	(12) 身体重心速度	
	(7) 踏切動作時間		1) 身体重心踏込み速度	⑰
	1) 右時接地～離地	⑨	2) 身体重心鉛直速度離地時	⑱
	2) 左足接地～離地	⑩	(13) 重心高の変化	
	(8) 踏切時の足の向き	⑪	(14) 跳躍高	⑲

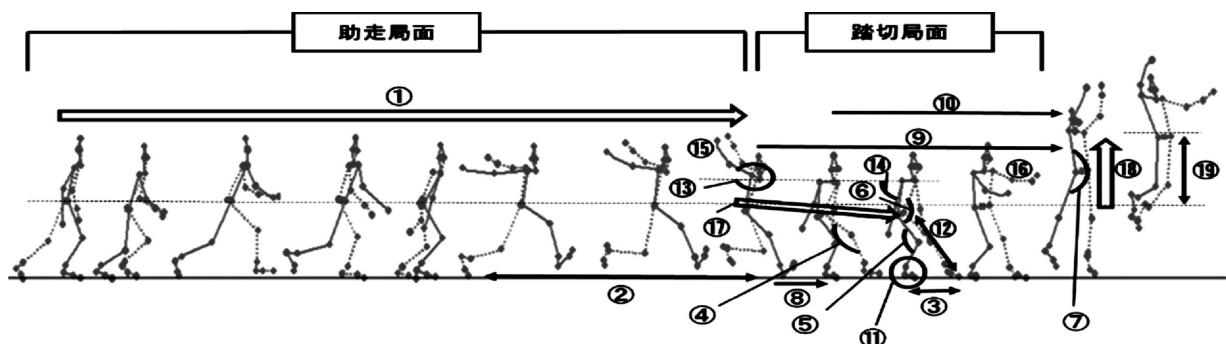


図4. 測定項目図



跳躍高に関して、B.1.S.JとB.F.S.Jにおいて有意な差は認められなかったが、B.F.S.Jの方が僅かに大きい値を示した(表4)。

## (2)助走局面

表5. B.1.S.JとB.F.S.Jの助走局面の比較

助走局面	B.1.S.J	B.F.S.J	t値
助走速度(m/s)	2.52±0.29	2.83±0.39	-1.407
助走歩幅(m)	1.32±0.19	1.68±0.15	-2.348

助走局面に関して、B選手は助走の歩数に関わらず、助走速度において有意な差は認められなかった。助走歩幅においても有意な差は認められなかった。

表6. B.1.S.JとB.F.S.Jの踏切局面の比較

踏切局面	B.1.S.J	B.F.S.J	t値	
踏切歩幅(m)	0.25±0.08	0.32±0.11	-1.858	
膝関節角度(deg.)	接地時の左膝	84.42±9.98	83.70±10.61	0.207
	最大屈曲角度右膝	88.15±11.27	91.29±8.16	-0.859
	左膝	81.55±15.26	85.67±17.22	-0.918
股関節角度(deg.)	最大屈曲角度	82.29±8.20	86.58±15.38	-0.777
	離地時	165.74±8.32	162.93±3.75	0.957
足裏接地時間(sec.)	0.06±0.04	0.08±0.04	-1.569	
踏切動作時間(sec.)	右足接地～離地	1.04±0.04	0.97±0.09	2.017
	左足接地～離地	0.73±0.07	0.72±0.06	0.124
踏切時の足の向き(deg.)	右足	82.11±7.71	109.55±39.88	-1.809
	左足	76.19±11.12	93.90±43.25	-0.963
身体重心と左足の距離(m)	0.73±0.04	0.76±0.06	-1.532	
腕振り角度(deg.)	最大角度	343.07±10.39	339.66±7.65	0.719
	膝関節最大屈曲時	40.36±15.48	46.03±13.70	-1.852
腕振り速度(m/s)	振下げ	15.49±2.29	16.57±2.25	-0.650
	振上げ	15.60±1.14	16.16±2.45	-0.506
身体重心速度(m/s)	踏込み	2.56±0.12	3.24±0.25	-4.781 **
	離地時	2.97±0.18	3.12±0.13	-4.074 *

\* : p<0.05 \*\* : p<0.01

B.1.S.JとB.F.S.Jの踏切局面に関して、身体重心踏込み速度において1%水準で有意な差が認められ、身体重心鉛直速度離地時においては5%水準で有意な差が認められたが、他の項目においては有意な差は認められなかった(表6)。

## 2. B.1.S.JとV.1.S.Jによる比較

### (1)跳躍高

表7. B.1.S.JとV.1.S.Jの跳躍高の比較

	B.1.S.J	V.1.S.J	t値
跳躍高(m)	0.74±0.05	0.79±0.13	0.785

B選手とV選手の1.S.Jにおける跳躍高に関して、有意な差は認められなかったが、V.1.S.Jの方が大きい値を示した(表7)。

### (2)助走局面

表8. B.1.S.JとV.1.S.Jの助走局面の比較

助走局面	B.1.S.J	V.1.S.J	t値
助走速度(m/s)	2.52±0.29	3.16±0.24	3.758 **
助走歩幅(m/身長)	0.007±0.001	0.009±0.001	2.518

\*\* : p<0.01

B選手とV選手の1.S.Jにおける助走局面に関して、助走速度において1%水準で有意な差が認められた、助走歩幅においては有意な差は認められなかった(表8)。

### (3)踏切局面

表9. B.1.S.JとV.1.S.Jの踏切局面の比較

踏切局面	B.1.S.J	V.1.S.J	t値	
踏切歩幅(m/身長)	0.002±0.001	0.003±0.001	-3.761 **	
膝関節角度(deg.)	接地時の左膝	84.42±9.98	122.97±10.97	5.812 **
	最大屈曲角度右膝	88.15±11.27	103.22±18.49	1.556
	左膝	81.55±15.26	116.40±5.84	4.769 **
股関節角度(deg.)	最大屈曲角度	82.29±8.20	120.42±9.18	6.929 ***
	離地時	165.74±8.32	163.18±5.58	-0.570
足裏接地時間(sec.)	0.06±0.04	0.27±0.09	4.782 **	
踏切動作時間(sec.)	右足接地～離地	1.04±0.04	0.84±0.07	-5.663 ***
	左足接地～離地	0.73±0.07	0.46±0.06	-6.900 ***
踏切時の足の向き(deg.)	右足	82.11±7.71	125.24±19.09	4.68 **
	左足	76.19±11.12	130.60±30.60	3.74 **
身体重心と左足の距離(m)	0.73±0.04	0.96±0.04	9.818 ***	
腕振り角度(deg.)	最大角度	343.07±10.39	337.61±10.89	-0.811
	膝関節最大屈曲時	40.36±15.48	105.17±6.40	8.648 ***
腕振り速度(m/s)	振下げ	15.49±2.29	15.60±1.73	0.089
	振上げ	15.60±1.14	16.40±4.20	0.410
身体重心速度(m/s)	踏込み	2.56±0.12	3.09±0.15	6.047 ***
	離地時	3.13±0.54	3.27±0.97	1.851

\*\* : p<0.01 \*\*\* : p<0.001

B選手とV選手の1.S.Jにおける踏切局面に関して、股関節最大屈曲角度、踏切動作時間(右足接地～離地、左足接地～離地)、踏切時の足の向き(右足、左足)、身体重心と左足の距離、腕振り角度(膝関節最大屈曲時)、身体重心踏込み速度において0.1%水準で有意な差が認められ、踏切歩幅や接地時の左膝屈曲角度、左膝最大屈曲角度、足裏接地時間においては1%水準で有意な差が認められた。しかし、腕振り速度においては有意な差は認められなかった(表9)。このことから、B.1.S.JではV.1.S.Jよりも接地時の左膝関節角度が屈曲していて、両足のつま先が助走方向に対して真っ直ぐになっていることからブロック(助走による水平方向のエネルギーを一旦止め、そのエネルギーを鉛直方向のエネルギーに変換すること)はしていないと推察した。また、踏切の際に、膝関節と股関節がV.1.S.Jと比べ屈曲していること、腕振り角度がV.1.S.Jに比べて小さいことから、膝関節及び股関節の可動域を大きくし、腕を振り下げ、そこから体を上げるために振上げ、跳躍していると考えられる。そして、このことと砂上での動作であることから踏切動作時間がV.1.S.Jに比べ長くなっていると推測される。V.1.S.Jは、高い身体重心速度で踏み込み、それを接地時に左膝を伸展に近い状態で身体重心より遠い位置に接地し、B.1.S.Jよりも広い歩幅でつま先の向きも助走方向に対してほぼ垂直方向に向けることによりブロックしていると推測した。また、膝関節最大屈曲時の腕振り角度が、B.1.S.Jに比べて、大きいことから、V選手は右足接地時に鉛直方向に力を加え、早い踏み切りで体を上げるための腕振りと推察される。

## 3. B.F.S.JとV.F.S.Jによる比較

## (1)跳躍高

表10. B.F.S.JとV.F.S.Jの跳躍高の比較

	B.F.S.J	V.F.S.J	t値
跳躍高(m)	0.76±0.06	0.81±0.16	0.707

B選手とV選手のF.S.Jにおける跳躍高に関して、有意な差は認められなかったが、V.F.S.Jの方が大きい値を示した(表10)。

## (2)助走局面

表11. B.F.S.JとV.F.S.Jの助走局面の比較

助走局面	B.F.S.J	V.F.S.J	t値
助走速度(m/s)	2.83±0.39	3.77±0.21	4.799 **
助走歩幅(m/身長)	0.009 ±0.001	0.010±0.001	-1.251

\*\* : p&lt;0.01

B選手とV選手のF.S.Jにおける助走局面に関して、助走速度において1%水準で有意な差が認められた(表11)。

## (3)踏切局面

表12. B.F.S.JとV.F.S.Jの踏切局面の比較

踏切局面	B.F.S.J	V.F.S.J	t値	
踏切歩幅(m/身長)	0.002±0.001	0.003±0.001	-1.022	
膝関節角度(deg.)	接地時の左膝	83.70±10.61	135.63±4.54	10.062 ***
	最大屈曲角度 右膝	91.29±8.16	114.36±22.37	1.526
	左膝	85.67±17.22	123.94±17.79	5.550 ***
股関節角度(deg.)	最大屈曲角度	86.58±15.38	117.23±25.57	2.296
	離地時	162.93±3.75	161.00±10.96	-0.181
足裏接地時間(sec.)	0.08±0.04	0.12±0.02	2.246	
踏切動作時間(sec.)	右足接地～	0.97±0.09	0.82±0.09	-2.574 *
	左足接地～	0.72±0.06	0.43±0.05	-8.086 ***
踏切時の足の向き(deg.)	右足	109.55±39.88	128.75±23.66	1.71
	左足	93.90±43.25	142.38±32.52	4.39 **
身体重心と左足の距離(m)	0.76±0.06	1.01±0.04	8.178 ***	
腕振り角度(deg.)	最大角度	339.66±7.65	340.75±12.15	0.170
	膝関節最大屈曲時	46.03±13.70	109.92±8.98	8.7194 ***
腕振り速度(m/s)	振下げ	16.57±2.25	18.44±2.62	1.143
	振上げ	16.16±2.45	16.58±2.45	0.269
身体重心速度(m/s)	踏込み	3.24±0.25	4.02±0.17	2.680 ***
	離地時	3.04±0.83	3.72±0.52	5.777 **

\* : p&lt;0.05 \*\* : p&lt;0.01 \*\*\* : p&lt;0.001

B選手とV選手のF.S.Jにおける踏切局面に関して、接地時の左膝関節角度や左膝最大屈曲角度、踏切動作時間(左足接地～)、踏切時の左足の向き、身体重心と左足の距離、腕振り角度(膝関節最大屈曲時)、身体重心踏込み速度において0.1%水準で有意な差が認められ、踏切動作時間(右足接地～)では5%水準で有意な差が認められた(表12)。このことから、B.F.S.JはV.F.S.Jに比べ、接地時の左膝関節が屈曲していること、踏切足の接地位置が身体重心の真下近くに位置していることからブロック動作はしていないと推察した。また、踏切の際に、膝関節と股関節がV.F.S.Jと

比べ屈曲していることと、腕振り角度がV.F.S.Jに比べて小さいことから、膝関節及び股関節の可動域を大きくして、両足に力を加えるための腕を振り下げ、そこから早い踏切動作時間で体を上げるために振上げ、跳躍していると考えられる。そして、このことと砂上での跳躍であることから踏切動作時間がB.F.S.Jに比べ長くなっていると示唆される。一方、V.F.S.Jは、高い身体重心速度で踏み込み、それを接地時に左膝を伸展して身体重心より前方の位置に、B.F.S.Jよりも広い歩幅で踏切足を接地させブロックしていると考えられる。また、ブロックするために左つま先の向きを助走方向に対して垂直方向に向けていると示唆される。また、膝関節最大屈曲時の腕振り角度がB.F.S.Jに比べて、大きいことから、V選手は右足接地時に鉛直方向に力を加え、早い踏切動作時間で体を上げるための腕振りと推察される。

表13. 腕の振り下げ速度と跳躍高の関係

	相関係数	
V.F.S.J	-0.54	n.s
B.F.S.J	-0.40	n.s

また、V.F.S.JとB.F.S.Jの腕振りについて、腕の振り下げ速度で有意な相関がみられなかったことから、高い跳躍の獲得に必要な腕振りはV.F.S.JとB.F.S.Jともに利用して跳躍していると考えられた。

## V. 結論

本研究は、男子のビーチバレーボール選手とバレーボール選手を対象に、スパイクジャンプにおける助走・踏切局面に着目した3次元動作分析からそれぞれのスパイクジャンプ動作の違いを明らかにし、今後の指導の一助とするものであった。結果より得られた知見を、以下にまとめて述べていく。



図5. B選手の右足接地時



図6. V選手の右足接地時

- ・踏切右足が接地する際、ビーチバレーボール選手の足の裏の面は砂に対してフラットとなっているが、バレーボール選手は踵接地で足の裏の面はネットに向いている(図5・6)。
- ・踏切時の左足に関して、ビーチバレーボール選手は左つま先の向きを助走方向に対して真っ直ぐにし、身体重心のほぼ真下に接地し、膝は大きく屈曲して



図7. B選手の膝関節  
最大屈曲時



図8. V選手の膝関節  
最大屈曲時

いるのに対し、バレーボール選手の左つま先の方向は助走方向に対して垂直方向に近い向きとなり、身体重心から前方の遠い位置に接地し左膝は伸展している。このことから、ビーチバレーボール選手とバレーボール選手の踏切歩幅に差は見られないが、ビーチバレーボール選手はバレーボール選手に比べ、踏切時に膝関節と股関節を屈曲させ、膝関節及び股関節の可動域を大きく活用する跳躍している(図7. 8)。

- ・腕振りに関して、ビーチバレーボール選手は膝関節最大屈曲時の腕の腕振り角度がV.1.S.Jに比べて小さいことから、両足に力を加えるために腕を振り下げているのに対し、バレーボール選手は膝関節最大屈曲時の腕振り角度がB.1.S.Jに比べて大きいことから、右足に力を加えるために腕を振り下げている。腕の振り上げに関しては、両者とも体をあげるための動作である(図7. 8)。

ビーチバレーボール選手とバレーボール選手のスパイクジャンプの大きな違いは、助走局面で高い助走速度を獲得し、その獲得した水平方向の運動エネルギーを鉛直方向の運動エネルギーに変換するための動作を踏切局面で行うかどうかである。

ビーチバレーボール選手は必要最低限の助走速度で踏み込む。それを補うために、踏切足が接地するときから膝関節を屈曲させており、踏切足の接地位置は身体重心の真下であり、接地時の足の裏の面は砂面に対してフラットである。踏み込んでからは膝関節及び股関節の可動域を大きく活用し、また腕振りに関しては、両足に鉛直方向に加重するために振り下げ、そして体を上げるために振り上げて跳躍する。ビーチバレーボールは砂上で行われるため、足元がとても緩く、足をとられてしまう。そのため、ビーチバレーボールのスパイクジャンプの指導の際に「土台を作って跳べ」とよく言われるが、バレーボールのスパイクジャンプ動作と同様に踏切足を身体重心の前方に接地すると砂が崩れてしまい、しっかりと砂を踏み切ることができない。その土台を作るために、本研究で明らかとなった斜め上からの踏み込みや接地時の右足の裏の面を砂とフラットにし、踏切足の位置を身体重心のほぼ真下に

接地するといった動作が行われると考えられる。そのためにバレーボールのスパイクジャンプとは違い高い水平方向の助走速度を獲得するのではなく、低い助走速度ながら踏切局面に鉛直方向に入り、膝関節、股関節の可動域を大きく活用し鉛直方向に大きく力積を加えて跳躍することにより足場の悪い砂上での高い跳躍高の獲得を可能にしていると考えられる。

#### 引用・参考文献

- 1) 明石正和(1977)バレーボールにおけるスパイクの研究. 城西大学教養関係紀要, 1-1: 101-113.
- 2) A.V.イボイロフ(1985)バレーボールの科学. 泰流社, pp86-97.
- 3) 亀ヶ谷純一(1992)バレーボールにおけるバックアタックに関する研究. 平成3年度筑波大学大学院修士論文, 28-31.
- 4) 木村章二・清水剛・武智英祐(1970)バレーボール選手のジャンプの研究—助走スピードとジャンプ値についての考察—. 体育学研究, 5: 204-214.
- 5) 橋原孝博・小村堯・宮原満男(1988)バレーボールスパイク技術に関する運動学的研究—大きな跳躍高を得るための踏み切り準備動作として役立つ動き—. 広島大学総合科学部紀要, 5: 39-52.
- 6) 石島繁・渋川侃二・阿江通良・橋原孝博・横井孝志・柊堀申二・福原祐三・都沢凡夫・岡内優明・勝本真・吉田雅行・矢島忠明(1982)バレーボールワールドカップ'81におけるトッププレイヤーの技術分析—スパイクの助走および踏切について—. 日本体育学会大会号, 33: 709.
- 7) 石島繁・渋川侃二・阿江通良・橋原孝博(1983a)バレーボールのクイック・スパイクジャンプに関する研究—踏切準備がクイック・スパイクの踏切に及ぼす影響—. 杏林書店, 169-174.
- 8) 石島繁・渋川侃二・阿江通良・橋原孝博・横井孝志・川端昭夫・柊堀申二・福原祐三・都沢凡夫・岡内優明・勝本真・吉田雅行・池上寿伸(1983b)'82日米対抗女子バレーボールにおける一流選手の技術分析—スパイクの助走および踏切について—. 日本体育学会大会号, 34: 593.
- 9) 坂井美浩・森田淳悟・山田保・李承俊・井上辰樹・宗内徳行・堀居昭(1987)バレーボール選手の跳躍力向上に関する研究. 日本体育学会大会号, 38: 567.
- 10) 村松茂・片尾周造・永田俊勝・福留彰教・木島晃(1987)スパイクジャンプの踏切に関する研究—左右足の位置のずれと荷重変化について—. 横浜市立大学紀要体力医学編, 16: 17-24.
- 11) 瀧間久俊・永田昂・矢島忠明(1997)バレーボールのスパイクジャンプにおける力学的エネルギー. 日本体育学会大会号, 48: 332.
- 12) 佐々木宏・高本友彦・宮原満男・小村堯(1980)跳躍運動に関する研究—バレーボール選手の跳躍動作の分析—. 日本体育学会大会号, 31: 453.
- 13) 矢戸隆之・佐々木武人・高野淳司(1995)バレーボールにおけるスパイク踏切時の足の向きが跳躍高に与える影響について. 福島大学教育学部編集 教育・心理部門, 59: 1-11.
- 14) 曾我部稔・浅井武・金達郎(2003)バレーボールのスパイクジャンプにおける一考察. ジョイント・シンポジウム講演論文集, 93-96.
- 15) 都沢凡夫(2001)Coaching&Playing Volleyball, バレーボール・アンリミテッド, 13: pp11-15.

- 16) 都沢凡夫・福原祐三・栃堀申二(1981)バレーボールワールドカップ'81における一流バレーボール選手のスパイク動作に関する事例的研究. 日本体育協会スポーツ科学研究報告, 20: 46-45.
- 17) 豊田博(1974)バレーボール教室. 大修館書店, pp123-153.
- 18) 梅崎さゆり・吉田雅行・吉田康成(2009)スパイク動作における両足接地パターンに関する研究. 大阪教育大学紀要第IV部門, 57: 227-240.
- 19) 阿江通良(1996)日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. Jpn.J.Sports Science, 15: 155-162.
- 20) Wells RP and Winter DA(1980)Assessment of signal and noise in the kinematics of normal pathological and Sporting Gaits. Human Locomotion I : 92-93.